

선박 내 WiMedia WLP 기반 Mobile IP 네트워크에서 성능향상을 위한 버퍼관리

이 승 범*, 이 성 로^o

Buffer Management for Improving Performance in WiMedia WLP-Based Mobile IP Networks of Ship Area

Seung Beom Lee*, Seong Ro Lee^o

요 약

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 WiMedia WLP 기반의 네트워크를 사용한다. 이동 단말이 새로운 서브네트워크의 혼잡한 기지국으로 이동한 경우, 기존의 통신 중인 이동 단말들의 무선링크이 용률 성능을 향상시키기 위한 방안을 제안한다. 이전 기지국은 핸드오버 동안 저장한 패킷들을 포기하고 혼잡한 새로운 기지국에서 버퍼의 혼잡정도에 따라 버퍼링 된 패킷의 폐기 유무를 결정한다. 다양한 시뮬레이션 시나리오에서 실시한 시뮬레이션 결과로부터 제안한 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식은 기지국의 혼잡한 무선링크에서 링크이용률을 향상시킬 수 있음을 확인한다.

Key Words : WLP-based networks, Buffer management, Handover, Congestion control

ABSTRACT

In this paper, we use WiMedia WLP-based networks to meet the demand for IT services of a ship. If a mobile node moves to a congested base station of a new subnetwork, we will propose a scheme for improving performance of radio link of existing communicating mobile nodes. An old base station denotes packets stored during a handover. And, a proposed buffer management determines to discard the buffered packets in accordance with congestion degree at the congested new base station. Simulation results show that the proposed buffer management scheme improves link utilization in congested wireless links.

I. 서 론

최근 조선업계는 IT와의 접목으로 기술발전을 꾀하고 있다. 선박은 점차 대형화, 특수화 되고 있고 승무원 및 승객들은 육상에서 사용하는 것처럼 편리한 통신 서비스를 제공 받기를 원한다. 또, 선박에 IT 기술

을 융합하면 다양한 요구를 만족시킬 수 있다. 선박을 이용하는 승무원이나 승객에게 IT 기술을 활용한 맞춤형 정보를 제공하여 미연에 사고방지를 할 수 있고, 근무환경 및 이용환경의 효율 또한 높일 수 있다. 이러한 서비스에 대한 요구가 점차 증대되면서 선박 내에서 사용할 수 있는 네트워크에도 관심을 가지게

※ 이 연구는 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 융합고급인력과정지원사업(IITP-2015-H8601-15-1006)의 연구결과로 수행되었음

• First Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, rikioh75@gmail.com, 정희원
o Corresponding Author : Department of Information Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원
논문번호 : KICS2015-04-108, Received April 2, 2015; Revised June 11, 2015; Accepted June 11, 2015

되었다. 다양한 네트워크 환경을 이용할 수 있지만, 본 논문에서는 WiMedia WLP기반의 네트워크를 이용한다.

승무원 및 승객들의 서비스에 대한 요구를 충족시키기 위해 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하는 와이미디어(WiMedia) 기술에 대한 필요성이 나타나게 되었다. 와이미디어 연합(WiMedia Alliance)^[1]은 170 개 이상의 회사들이 모여 UWB(Ultra Wide Band) 기반의 물리 계층과 무선 USB, 무선 1394, 무선 IP, 블루투스과 같은 다양한 어플리케이션의 적용을 가능하게 하는 와이미디어 D-MAC(Distributed-MAC)의 표준을 발표하였다^[2-5].

UWB 기반의 와이미디어 디바이스들과 무선 네트워크는 어플리케이션에 따라 같은 무선 환경에서 공존이 가능하며, 이들 네트워크간 통신이 필요한 경우도 있다. 이를 위하여, 와이미디어 연합은 WiMedia radio platform 상으로 network 계층의 패킷을 전송하기 위한 프레임 포맷과 요구사항을 정의한 WLP(WiMedia logical link control protocol) 규격을 정의하였다^[6]. 이 규격은 디바이스들 간의 보안설정 뿐만 아니라 WLP 프로토콜과 이더넷 프로토콜, 또는 다른 유사한 네트워크 프로토콜 간의 프레임들을 중계하기 위한 지원방안을 정의하였다.

사용자의 이동성으로 인하여 패킷 손실이 발생할 경우에는 모바일 IP의 상위 계층 프로토콜인 TCP는 심각한 영향을 받게 된다. 이러한 문제는 TCP가 원래 이동 네트워크 환경을 고려하지 않고 설계된 프로토콜이라는 점에 있다. 즉, 통신 중인 사용자의 이동이 없는 유선 네트워크 환경에서는 패킷의 손실을 네트워크 혼잡의 신호로 해석하여도 무리가 없으나, 이동 네트워크 환경에서 패킷의 손실을 네트워크 혼잡의 신호로 해석하면 사용자의 이동성으로 인하여 패킷의 손실이 발생하는 경우에는 불필요하게 TCP 송신자의 패킷 전송 레이트를 줄이는 혼잡제어(Congestion Control)를 수행하게 됨으로써 TCP의 수율(Throughput)이 저하되는 문제가 발생한다. 특히, 이동 단말의 사용자가 통신 중에 다수의 서브네트워크를 경유하게 될 경우에는 TCP의 성능이 심각하게 저하되는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 Drop-tail 방식과 RED 방식의 버퍼관리 방식을 사용한다. 더 나은 성능을 나타내는 RED 버퍼관리 방식도 처음부터 무선 상의 플로(flow)를 고려하여 설계되지 않았기 때문에 똑같은 문제가 발생한다. 다시 말해, 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실을 방지하기 위한 패킷 버퍼링 방식^[7,8]이 혼잡이 존재하

는 이동네트워크에 적용될 경우, 포워딩되는 패킷들의 손실과 함께 기존 통신 중인 TCP 플로들의 성능 저하로까지 이어진다. 또한 소규모의 플로들이 경유하는 기지국에 RED 버퍼관리 방식이 사용될 경우, 대부분의 플로에 확률적인 폐기가 적용되어 전체 플로들의 성능이 동시에 하락하는 Global Synchronization 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해 핸드오버를 고려한 새로운 버퍼관리 알고리즘의 필요성이 대두되었다.

본 논문에서 제안하는 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식(Handover-based RED: HRED)은 핸드오버 패킷에 대한 새로운 폐기 기준을 마련하여 기존의 통신 중인 플로들의 수율을 향상시키고, 이동하는 노드가 없어 버퍼링 된 패킷이 없을 경우에는 일반적인 RED 방식을 사용하는 것과 동일하여 시스템의 overhead가 없다. 패킷 버퍼링 방식을 지원하는 환경에서 이동 단말이 혼잡한 새로운 서브네트워크로 이동한 경우, 핸드오버 시 발생하는 버퍼링된 패킷이 혼잡한 라우터에 미치는 영향을 분석하고, 새로운 서브 네트워크와 연결된 라우터가 사용하는 버퍼 관리 방식으로 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 설명하고, 3장에서는 WLP기반 모바일 IP 네트워크에서 전체 성능 향상을 위한 핸드오버를 고려한 제안하는 버퍼 관리 방법에 대해 설명한다. 4장의 성능 평가를 통해 제안하는 버퍼 관리 방법의 우수성을 확인하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 WLP IP 네트워크

WLP는 IP 기반 응용을 지원하기 위한 LLC(Logical Link Control) 계층의 기능을 표준화하고 있으며, Secured Wireless 접속을 통하여 IP 패킷을 전송하기 위한 규격이다. 그림 1은 Client Device(D), Bridge(B), 그리고 Remote Bridge(RB)를 포함하고 있는 망의 예를 나타낸 것으로 Bridge들은 Ethernet(E) 망으로 연결되어 있다. 그림 1에서 Bridge는 무선 Device들의 데이터를 Ethernet으로 Forwarding하는 기능을 수행하며, Remote Bridge는 서로 다른 Bridge 간의 전송 기능을 수행한다. 장치의 대부분은 단일기능을 수행하지만 B/RB 등의 장치는 Bridge 기능과 Remote Bridge 기능과 같이 여러 가지 기능을 수행할 수도 있다. WiMedia Alliance에서는 DIP(Digital Image and Printing) 및 SMP(Streaming Media Profile) 규격이 IP기반에서 제공되고, DLNA

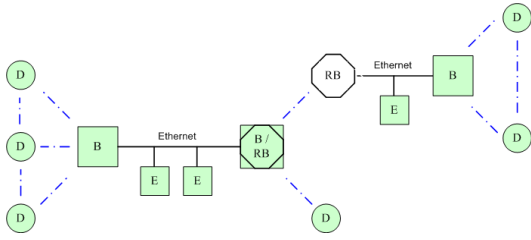


그림 1. Device와 Bridge를 포함한 WLP IP 서비스 망 구성 예
Fig. 1. WLP IP network topology with devices and bridges

도 IP기반의 WLP상위에서 서비스하는 형태로 제안 되면서 IP기반 프로토콜에 대한 상호 공동연구의 필요성이 제기되고 있다.

모든 WLP 디바이스들은 한 개 이상의 WSS (WLP Service Set)에 속한다⁹⁾. 임의의 두 WLP 디바이스들은 데이터 프레임을 교환하기 전에 서로의 존재를 발견한 후 WSS에 등록하고 활성화시켜 연결을 설정한다. 디바이스는 언제든지 새로운 WSS를 설정하거나 기존의 WSS에 등록할 수 있다. 일단 디바이스가 WSS를 생성, 등록하면 디바이스는 WSS에 등록된 다른 디바이스와 통신하기 위해 WSS를 활성화 시킨다. WSS를 활성화시킨 디바이스는 같은 WSS의 모든 디바이스와 연결이 가능하다.

2.2 RED (Random Early Detection) 버퍼 관리 방식

Drop-tail 버퍼를 이용하여 혼잡 제어를 할 때의 문제점은 버퍼 오버플로가 일어나 많은 패킷들이 손실 되어도 TCP 소스는 이를 알기까지 오랜 시간이 걸린다는 것이다. 이와 같은 Drop-tail 버퍼의 특성은 TCP 소스를 이용하는 통신에서 전체 플로들의 성능이 함께 하락하는 Global Synchronization 문제를 일으킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 RED 버퍼 관리 방식이 제안되었다¹⁰⁾.

그림 2에서 보는 바와 같이 RED 버퍼의 매개변수는 TH_{min} , TH_{max} , avg_q 가 있고 다른 매개변수로 P_{max} , w_q 가 있다. 참고문헌¹⁰⁾에 따라 P_{max} 는 0.02, w_q 는 0.002로 설정하였다. 그림 2의 RED 버퍼관리 방식의 동작원리는 다음과 같다. 평균 큐 길이(avg_q)가 TH_{min} 을 넘지 않으면 패킷들의 폐기될 확률은 0으로, 무조건 버퍼에 들어가게 된다. 그런데 만약 avg_q 가 TH_{min} 을 초과하기 시작하면 도착하는 패킷들은 랜덤한 확률값을 갖고 폐기된다. 그리고 avg_q 가 TH_{max} 를 초과하면 도착하는 모든 패킷들은 무조건 폐기된다.

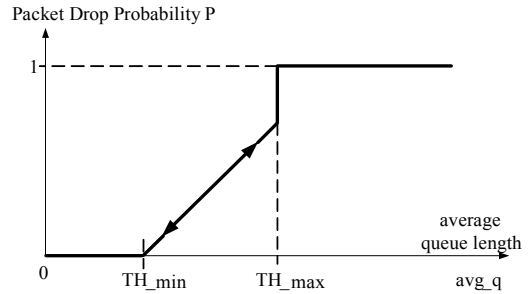


그림 2. RED 버퍼 관리 방식
Fig. 2. RED Buffer Management Scheme

이렇게 동작하면 평균 큐 길이의 매개 변수를 이용한 패킷들의 확률적인 이른 폐기로 RED 버퍼가 넘치는 것을 막을 수 있다. 결국, Drop-tail에서는 막을 수 없었던 많은 TCP 플로들의 패킷이 동시에 폐기되어 성능 하락에 영향을 미치는 Global Synchronization 문제를 줄일 수 있게 되었다. RED 버퍼 관리 방식의 동작에 관한 내용을 식 (1), 그림 2, 그림 3에 설명하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if } avg_q < TH_{min} \\
 & \quad \text{queue packet} \\
 & \text{else if } TH_{min} \leq avg_q \leq TH_{max} \\
 & \quad \text{calculate probability } P \\
 & \quad \text{with probability } P: \tag{1} \\
 & \quad \quad \text{discard packet} \\
 & \quad \text{else queue packet} \\
 & \text{else if } TH_{max} < avg_q \\
 & \quad \text{discard packet}
 \end{aligned}$$

III. 제안하는 성능 향상을 위한 버퍼 관리 방법

사용자의 이동성으로 인하여 패킷 손실이 발생하는 경우에는 TCP는 심각한 영향을 받게 된다⁷⁾. 문제는 TCP가 원래 이동 네트워크 환경을 고려하지 않고 설계된 프로토콜이라는 점에 있다. 즉, 통신 중인 사용자의 이동이 없는 유선 네트워크 환경에서는 패킷의 손실을 네트워크 혼잡의 신호로 해석하여도 무리가 없으나, 이동 네트워크 환경에서 패킷의 손실을 네트워크 혼잡의 신호로 해석하면 사용자의 이동성으로 인하여 패킷의 손실이 발생하는 경우에는 불필요하게

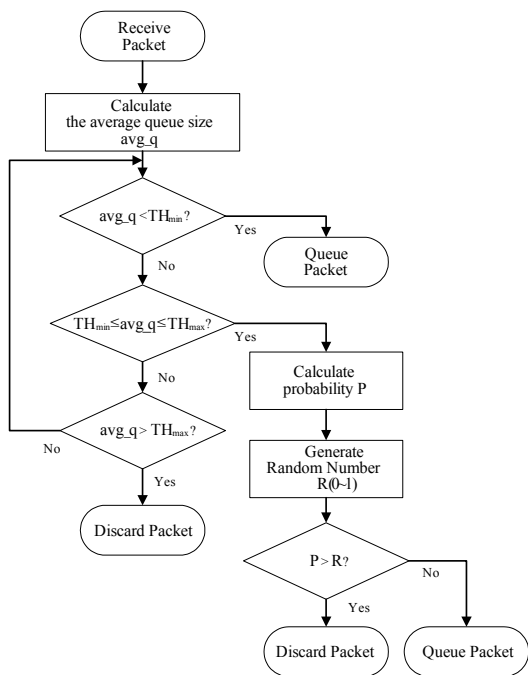


그림 3. RED 알고리즘의 순서도
Fig. 3. Flowchart of RED algorithm

TCP 송신자의 패킷 전송 레이트를 줄이는 혼잡제어를 수행하게 됨으로써 TCP의 수율이 저하되는 문제가 발생한다. 특히, 이동 단말의 사용자가 통신 중에 다수의 서브네트워크를 경유하게 될 경우에는 TCP의 성능이 심각하게 저하되는 문제가 발생한다.

본 논문에서 사용하고 있는 Drop-tail 방식과 RED 방식 중 더 나은 성능을 나타내는 RED 버퍼관리 방식도 처음부터 무선 상의 플로를 고려하여 설계되지 않았기 때문에 똑같은 문제가 발생한다. 즉, 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실을 방지하기 위한 패킷 버퍼링 방식이 혼잡이 존재하는 이동네트워크에 적용될 경우 포워딩하는 패킷 손실과 함께 TCP 플로들의 성능 저하로까지 이어진다는 것이다. 또한 소규모의 플로들이 점유하는 기지국에 RED 버퍼관리 방식이 사용될 경우, 대부분의 플로에 확률적인 폐기가 적용되어 Global Synchronization 현상이 발생하여 전체 수율이 나빠짐을 알 수 있다. 이를 방지하기 위해 핸드오버를 고려한 새로운 버퍼관리 알고리즘이 필요하게 되었다.

본 논문에서 제안하는 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식(Handover-based RED: HRED)은 핸드오버 패킷에 대한 새로운 폐기 기준을 마련하여 기존의 통신 중인 플로들의 수율을 향상시키고, 이동하는 단말이 없어 버퍼링 된 패킷이 없을 경우에는 일반적인 RED

방식을 사용하는 것과 동일하여 시스템의 overhead가 없다. 이동 단말이 혼잡한 새로운 서브네트워크로 이동한 경우, 핸드오버 시 발생하는 버퍼링 된 패킷을 우선적으로 폐기하여 기존의 통신 중인 플로의 수율을 향상시킨다. 제안하는 버퍼관리 방식은 혼잡한 라우터에 핸드오버로 발생하는 버퍼링 된 패킷이 유입되어 혼잡을 더욱 가중하는 상황에도 기존의 Drop-tail과 RED 버퍼관리 방식에 비해 더 나은 성능향상을 보인다.

핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식의 순서도는 그림 4와 같다. 그림 4에서 나타난 것과 같이 기존의 통신 중인 플로에 대해서는 기존의 RED 버퍼 관리 방식을 적용하여 패킷을 처리한다. 이는 기존의 시스템과 같기 때문에 추가적인 변경사항이 없다. 제안하는 알고리즘은 핸드오버 시 발생하는 버퍼링 된 패킷에 대해 새로운 폐기기준을 마련하였다. 핸드오버 시 패킷의 손실을 방지하기 위해 버퍼링을 하고 패킷을 전달하는데, 혼잡한 라우터로 이동 단말이 핸드오버할 경우 심각한 문제가 발생하게 된다. 다시 말해, 패킷을 수용할 수 있는 버퍼 공간이 충분치 않은 혼잡한 서브네트워크에 핸드오버로 발생하는 다수의 버퍼링 된 패킷의 유입은 핸드오버 하는 이동 단말 뿐만 아니라 기존의 통신 중인 단말에게도 피해를 줄 수 있다. 이를 방지하기 위해 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식을 제안하게 되었고, 제안한 알고리즘을 사용하면 기존의

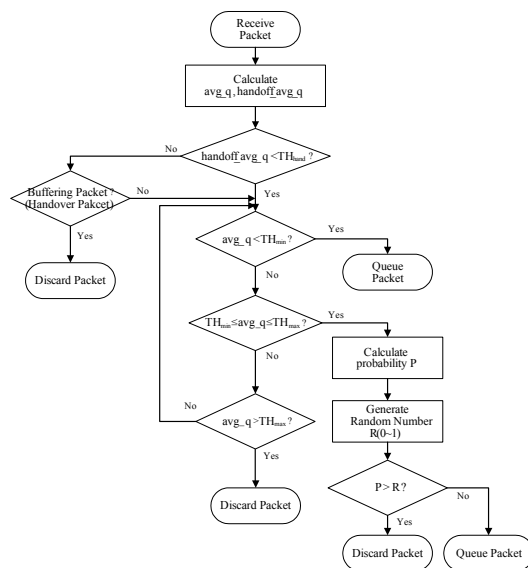


그림 4. 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식의 순서도
Fig. 4. Flowchart of buffer management with considering handover

통신 중인 단말의 통신을 보장하며 이동 중인 이동 단말도 피해가 많지 않도록 할 수 있다.

제안하는 버퍼관리 방식의 알고리즘은 다음과 같다. 보통은 기존의 RED 버퍼관리 방식과 동일하게 패킷을 폐기, 처리한다. 핸드오버가 발생하여 다수의 패킷이 버퍼 내에 유입되는 경우는 그림 5에 나타난 것과 같이 버퍼링 된 패킷을 폐기하기 위한 새로운 기준인 $handover_avg_q$ 를 설정하여 고정된 이동 단말(MN)의 패킷과 버퍼링 된 패킷을 평균 큐길이의 계산에 적용한다. 즉, 실제 avg_q 는 고정된 MN만 평균 큐길이 계산에 적용하고, $handover_avg_q$ 는 고정된 MN와 버퍼링 된 패킷이 모두 계산에 적용이 된다. 버퍼링 된 패킷이 있는 경우, 항상 $handover_avg_q$ 가 avg_q 보다 큰 값을 갖는 것을 알 수 있다.

버퍼링 된 패킷을 폐기하기 위한 $handover_avg_q$ 가 TH_{hand} 를 초과하면 버퍼링 패킷을 무조건 폐기한다. $handover_avg_q$ 가 설정되어 있는 TH_{hand} 보다 크다는 것은 버퍼 내의 공간이 부족함을 나타내고 이 때 버퍼링 된 패킷이 다수 유입되는 경우 기존의 통신 중인 단말과 핸드오버하는 이동 단말, 모두 피해를 보기 때문에 우선적으로 버퍼링 된 패킷을 폐기한다. 패킷이 폐기되어 적당한 버퍼 공간이 확보되면 $handover_avg_q$ 가 TH_{hand} 이하로 내려오게 된다. 이 경우 $handover_avg_q$ 값을 avg_q 값과 같게 놓아서 원래의 RED 버퍼관리 방식처럼 동작하도록 해 버퍼의 overhead를 없도록 하였다. 이와 관련된 일련의 내용을 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

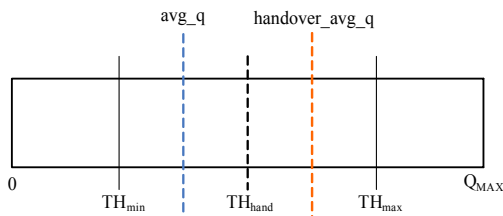


그림 5. HRED 버퍼의 구성도
Fig. 5. Configuration of HRED buffer

IV. 성능 평가

그림 6과 표 1은 기지국(BS : Base Station)과 이동 단말(MN : Mobile Node)간의 링크가 병목인 일반적인 상황을 고려한 시뮬레이션 환경에 대한 것이다. 이동 단말이 혼잡한 네트워크로 이동할 때 핸드오버 상황을 고려하여 Drop-tail, RED, 제안하는 HRED 관리

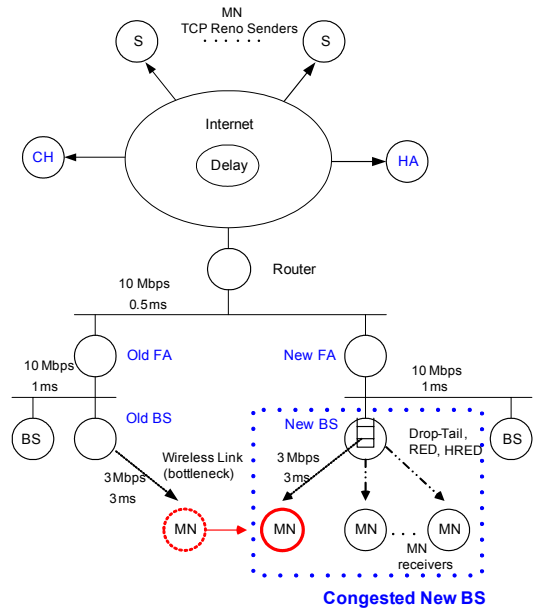


그림 6. WLP 기반 Mobile IP 네트워크에서 혼잡한 서브네트워크의 시뮬레이션 모델

Fig. 6. Simulation model in congested subnetwork of WLP-based Mobile IP networks

표 1. 시뮬레이션 모델에서 지연 시간
Table 1. Delay time at the simulation model

Parameter	Value	Parameter	Value
t_{beacon}	50 ms	d_{CH_FA}	40 ms
t_{new_FA}	12 ms	d_{FA_BS}	1 ms
t_{old_FA}	1 ms	d_{BS_MN}	3 ms
t_{HA}	60 ms	t_{rtt}	88 ms
t_{CH}	60 ms	t_{loss}	63 ms
$t_{handover}$	150 ms		

방식을 적용하여 성능 분석을 하였다.

그림 6에서 이동 단말의 핸드오버 소요시간 및 RTT(round-trip-time)를 구성하는 각 노드 간의 지연 시간은 표 1에 나타내었다^[11-12]. t_{rtt} 는 연결 왕복 시간을 나타내고, t_{loss} 는 패킷 손실 시간을 나타낸다. $t_{handover}$ 는 전체 핸드오버 소요시간을 나타낸다. 특히, 최대 핸드오버 시간은 이웃 기지국 스캔 시간, 핸드오버 시그널링 시간과 fast ranging에 걸리는 시간 등을 포함하여 최대 150 ms 로 계산하였다.

그림 6은 3 Mbps 무선링크를 갖는 기지국이 10 Mbps Ethernet과 연결되어 있는 것을 보여주고 있다. 모든 링크는 10 Mbps이고 기지국과 이동 단말을 연결하는 무선링크만이 3 Mbps로 병목구간이다. 3

Mbps는 다른 네트워크 환경과 비교한다면 넓은 대역 폭이지만 대용량의 데이터를 전송하는 환경에서는 문제가 될 수 있다.

표 1에서 기지국과 이동 단말 간 무선 링크 상에서의 비콘 메시지 주기, t_{beacon} 은 50 msec로 고정하였다^[11-12]. 모든 이동 단말의 TCP 연결은 TCP Reno에서 채택된 혼잡 제어 알고리즘을 고려하였고 TCP 연결의 패킷 크기(packet_size) 및 최대 윈도우 크기(mws)는 각각 512 바이트 및 64 패킷으로 설정하였다. 그리고 전송 에러로 인한 패킷 손실은 없다고 가정하였고, 혼잡한 무선링크를 관리하는 기지국의 Drop-tail 및 RED 버퍼 길이는 120 패킷, TH_{min} 과 TH_{max} 는 각각 40 패킷과 80 패킷, TH_{hand} 는 60 패킷, P_{max} 와 w_q 의 값은 각각 0.02와 0.002로 설정하였다^[10]. 본 논문에서는 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다^[13].

그림 7은 그림 6의 시뮬레이션 모델에서 혼잡한 서브네트워크로 이동하는 단말들의 도착 분포가 다를 경우에 대한 시나리오를 보여주고 있다. 기존의 고정 단말 3개가 혼잡한 New BS에서 통신하고 있을 때 Old BS에서 New BS로 이동하며 통신하는 이동 단말 4개가 그림 7과 같은 도착 분포를 갖는 경우를 고려하였다. 4개의 이동 단말이 각각 20초의 간격을 갖고 혼잡한 New BS로 들어오는 경우는 핸드오버 동안 발생하는 버퍼링 된 패킷들도 20초의 간격을 갖고 분산되어 도착하며, 이 경우를 case 1이라 하였다. 또, 4개의 이동 단말이 혼잡한 New BS로 동시에 들어오는 경우는 핸드오버 동안 발생하는 버퍼링 된 패킷들이 모두 함께 도착한다. 이 경우를 case 2라 하였다. 마찬가지로 이동 단말 4개의 도착 분포가 1-5초의 간격을 갖고 혼잡한 New BS로 들어오는 경우 각각을 case 3-7이라 하고 모든 경우에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 8은 그림 7의 전송되는 패킷 도착 분포에 따른 TCP 성능 분포를 나타내고 있다. 그림 8에서 알 수 있듯이 RED 버퍼관리 방식을 사용하는 경우가 여러 번의 핸드오버 환경에서 더 나은 성능을 나타내고 있다. case 1-7의 경우에서 분산되어 도착하는 case 1

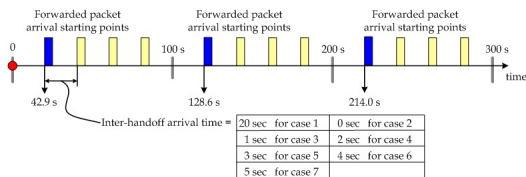
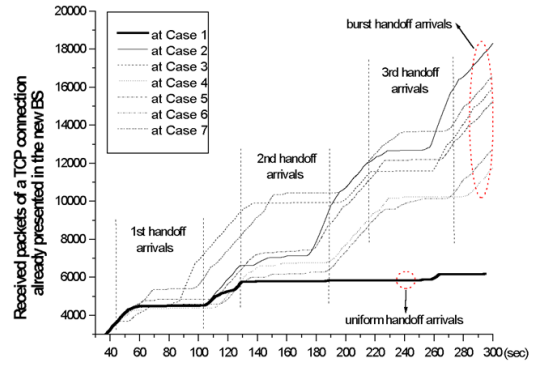
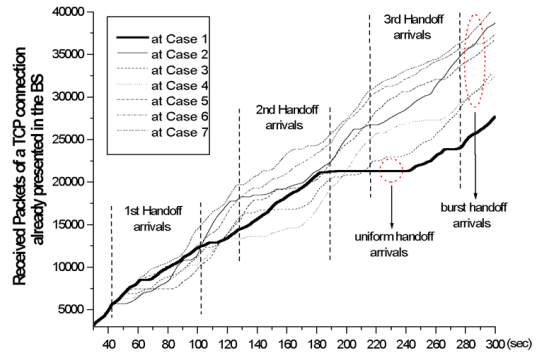


그림 7. 전송되는 패킷 도착 분포
Fig. 7. Forwarded packet arrival distribution



(a) Drop-tail buffer



(b) RED buffer

그림 8. 여러 번의 핸드오버에서 TCP 성능 분포
Fig. 8. TCP performance at multiple handovers

뿐만 아니라 동시에 도착하는 case 2의 경우에도 RED 버퍼관리 방식이 월등한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 적절한 버퍼 공간을 항상 확보하는 RED 버퍼관리 방식의 특징에서 나타나는 현상이다. RED 버퍼관리 방식은 버퍼 내 패킷이 일정량 이상이 되었을 때 확률적인 패킷의 폐기를 시행하여, 적절한 버퍼 공간을 미리 확보하여 전체 플로들의 성능이 동시에 하락하는 Global Synchronization 현상을 방지할 수 있다. Drop-tail 방식은 버퍼가 가득 차면 모든 플로들의 패킷을 동시에 폐기하기 때문에 Global Synchronization 현상이 자주 발생하고 상대적으로 낮은 성능을 나타내고 있다.

그림 9, 그림 10, 그림 11은 혼잡한 라우터에 제안하는 HRED를 사용할 때 고정 단말, 전체 단말, 이동 단말의 TCP 수율 변화를 나타내고 있다. 기존의 고정 단말들이 통신하고 있는 혼잡한 라우터로 이동 단말들이 이동할 때 핸드오버 동안 발생하는 패킷 손실을 방지하기 위해 이동 단말들의 패킷은 이전 라우터에서 버퍼링 되고 버퍼링 된 패킷들을 혼잡한 라우터로

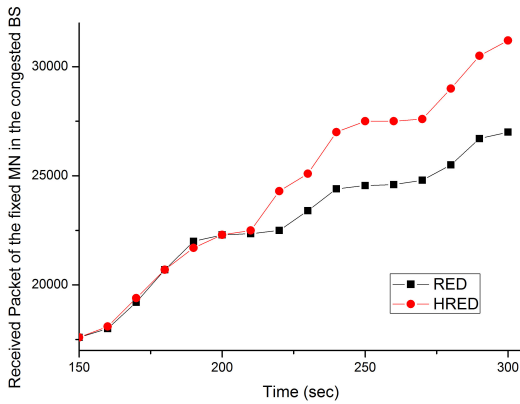


그림 9. 혼잡한 라우터에 HRED를 사용하는 고정 단말의 TCP 수율 변화
 Fig. 9. TCP throughput of the fixed MN in the congested BS

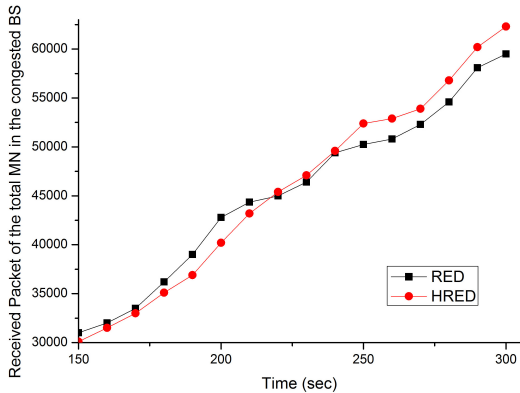


그림 10. 혼잡한 라우터에 HRED를 사용하는 전체 단말의 TCP 수율 변화
 Fig. 10. TCP throughput of the total MN in the congested BS

전송한다. 버퍼링 된 패킷들은 이동 단말들이 이동하는 라우터에 혼잡을 가중하고, 특히 동시에 도착하는 이동 단말의 경우 혼잡의 가중도는 가장 높다. 혼잡이 가중된 라우터에서는 모든 패킷들이 손실을 피하기는 어렵기 때문에 기존의 통신 중인 고정 단말들의 패킷을 우선적으로 보호하고 가능한 경우 이동 단말들의 패킷들도 보호할 수 있어야 한다. 즉 제안하는 버퍼관리 방식은 기존의 방식에 비해 고정 단말이나 전체 단말의 수율 향상을 보여야 한다.

그림 9는 혼잡한 라우터에 제안하는 HRED 버퍼관리 방식을 사용하는 경우, 혼잡한 라우터에서 기존의 통신 중인 고정 단말(fixed MN)의 TCP 수율 변화를 나타낸다. 그림 9로부터 제안하는 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식인 HRED가 기존의 Drop-tail 버퍼관리

방식을 개선한 RED 버퍼관리 방식보다 월등한 성능 향상을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 특히 시간이 지날수록 성능 향상의 폭은 더 커진다. 이는 기존의 버퍼관리 방식에서 발생하는 다수의 버퍼링 된 패킷의 유입으로 다수의 이동 단말들이 피해를 보는 상황을 미리 방지하여 수율 향상을 가져오는 것으로 보인다.

그림 10은 고정 단말(fixed MN)과 이동 단말(moving MN)로 구성된 전체 단말의 TCP 수율 변화를 나타낸다. 그림 9에서 고정 단말의 TCP 수율 향상이 그림 10의 전체 단말의 TCP 수율 향상을 가져왔다. 즉, 그림 9와 마찬가지로 HRED 버퍼 관리 방식이 기존의 RED 버퍼 관리 방식보다 성능이 앞서는 것을 알 수 있다.

그림 11은 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식인 HRED와 RED 버퍼관리 방식을 사용하여 핸드오버하는 이동 단말의 TCP 수율을 비교한 결과이다. 혼잡한 라우터로 이동 단말이 이동할 때 제안하는 HRED 방식에서는 혼잡이 가중된 경우 핸드오버 동안 발생하는 버퍼링 된 패킷을 무조건 폐기한다. 그래서 혼잡한 라우터로 이동하는 이동 단말의 경우 RED 버퍼관리 방식이 더 나은 성능을 나타낼 수도 있다. 하지만 혼잡의 정도가 상대적으로 작아 모든 버퍼링 된 패킷을 폐기하지 않아도 되는 경우에는 기존 TCP 프로토콜의 변형 없이 성능 향상을 가져올 수 있다. 기존의 RED 버퍼관리 방식에서는 버퍼링 된 패킷들을 일괄적으로 처리, 전송하여 혼잡한 네트워크 상황에서는 고정 단말, 이동 단말 모두의 성능 하락을 가져오는 단점을 보였다. 하지만 단말의 패킷에 따라 처리 방식을 달리하는 제안하는 버퍼관리 방식인 HRED는 일

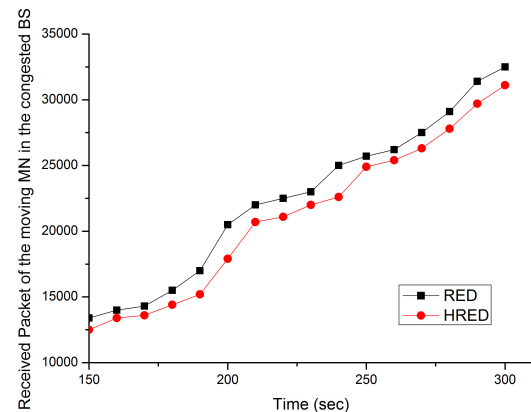


그림 11. 혼잡한 라우터에 HRED를 사용하는 이동 단말의 TCP 수율 변화
 Fig. 11. TCP throughput of the moving MN in the congested BS

부 이동 단말에서는 성능 하락을 보이지만 전체 성능에서는 향상된 모습을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 WiMedia WLP 기반의 네트워크를 사용하였다. 이동 단말이 새로운 서브네트워크의 혼잡한 기지국으로 이동한 경우, 기존의 통신 중인 이동 단말들의 무선링크이용률 성능을 향상시키기 위해 이전 기지국이 핸드오버 동안 저장한 패킷들을 표기하고 혼잡한 새로운 기지국에서 버퍼의 혼잡정도에 따라 버퍼링 된 패킷의 폐기 유무를 결정하는 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식을 제안하였다. 다양한 시뮬레이션 시나리오에서 실시한 시뮬레이션 결과로부터 제안한 핸드오버를 고려한 버퍼관리 방식은 기지국의 혼잡한 무선링크에 대한 링크이용률 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 제안한 버퍼관리 방식은 이전 기지국에서 버퍼링 된 패킷들의 포워딩이 없을 경우 일반적인 RED 버퍼관리 방식을 사용하는 것과 동일하여 불필요한 시스템의 overhead도 없다. 또, 패킷 폐기의 기준을 어떻게 정하느냐에 따라 성능 변화가 있으므로 추가적으로 패킷 폐기의 기준을 정하기 위해서는 보다 많은 연구와 노력이 필요하다고 사료된다.

References

[1] WiMedia Alliance, from <http://www.wimedia.org>, 2011.

[2] WiMedia Alliance, *Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks*, WiMedia Alliance, 2009.

[3] K. Hur, M.-A Jeong, and S. R. Lee, "Performance analysis of WiMedia D-MAC communications for a shipboard wireless bridge," *J. KICS*, vol. 39C, no. 7, pp. 597-607, Jul. 2014.

[4] B. Kim, K. Hur, Y. Lee, and S. R. Lee, "Research for applying WUSB over WBAN technology to indoor localization and personal communications in a ship," *J. KICS*, vol. 38C, no. 3, pp. 318-326, Mar. 2013.

[5] S. B. Lee, M.-A Jeong, J.-W. Kwon, and S. R. Lee, "Relay-based WUSB/DRD/WLP cooperative protocol design in ship area," *J.*

KICS, vol. 39C, no. 9, pp. 789-800, Sept. 2014.

[6] WiMedia, *WiMedia Logical Link Control Protocol (WLP)*, WiMedia WLP Specification Draft 1.0, 2007.

[7] D. S. Eom, M. Sugano, M. Murata, and H. Miyahara, "Performance improvement by packet buffering in mobile IP based networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E83-B, no. 11, pp. 2501-2512, Nov. 2000.

[8] D. S. Eom, H. S. Lee, M. Sugano, M. Murata, and H. Miyahara, "Improving TCP handoff performance in mobile IP based networks," *J. Comput. Commun.*, vol. 25, no. 7, pp. 635-646, May 2002.

[9] V. M. Vishnevsky, A. I. Lyakhov, A. A. Safonov, S. S. Mo, and A. D. Gelman, "Study of beaconing in multihop wireless PAN with distributed control," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 113-126, Jan. 2008.

[10] S. Floyd and V. Jacobson, "Random early detection gateways for congestion avoidance," *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 1, no. 4, pp. 397-413, Aug. 1993.

[11] K. Hur, K. H. Tchah, and D. S. Eom, "TCP performance analysis of packet buffering in mobile IP based networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E87-B, no. 11, pp. 3361-3369, Nov. 2004.

[12] S. B. Lee, K. Hur, J.-K. Kim, and D.-S. Eom, "A handoff packet marker for DiffServ in mobile IP-based networks with packet buffering," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 55, no. 2, pp. 438-445, May 2009.

[13] Information sciences institute, The network simulator ns-2, from <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

이 승 범 (Seung Beom Lee)



2004년 2월 : 고려대학교 전자
컴퓨터공학과 석사
2012년 2월 : 고려대학교 전자
컴퓨터공학과 박사
2013년 7월~현재 : 목포대학교
정보산업연구소 연구원

<관심분야> ECMA-392, MAC, QoS, Cooperative
communication

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공
학과 공학사
1990년 2월 : 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 공학석사
1996년 8월 : 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 공학박사
1997년 9월~현재 : 목포대학교
공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시
스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템